学习判断对虚假记忆的反应性效应*

赵文博 [1,2]　曹宇琪 [1]　徐木子 [1]　杨春亮 [1]　罗良 [1,3]

([1] 北京师范大学发展心理研究院, 应用实验心理北京市重点实验室, 心理学国家级实验教学示范中心(北京师范大学), 北京 100875)

([2] 北京师范大学社会学院, 北京 100875)

([3] 北京师范大学认知神经科学与学习国家重点实验室, 北京 100875)

摘　要　基于 DRM 范式，本研究开展 3 个实验考察学习判断(JOL)对虚假记忆的反应性影响，并检验项目自身与关系理论。结果发现：(1)相比于 no-JOL 条件，逐项 JOL 促进已学词语的真实记忆，但同时破坏项目间语义关系加工，进而降低虚假记忆(实验 1); (2)在操控 JOL 类型和词列呈现方式后，整体 JOL 促进项目自身加工和项目内语义关系加工(实验 2)，但破坏项目间语义关系加工(实验 3)。上述结果表明，真实和虚假记忆的反应性效应存在双分离现象，研究结果支持项目自身与关系理论对反应性效应的解释，并揭示出不同记忆成分反应性效应的内在机制存在差异。研究结果有望为降低虚假记忆提供科学参考。

关键词　学习判断，反应性效应，DRM 范式，项目自身与关系理论

分类号　B842

收稿日期: 2024-02-29

* 国家自然科学基金项目(32371116, 32171045), 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(2243300005, 1233200008), 中国博士后科学基金资助项目(2023M740300), 国家资助博士后研究人员计划(GZC20240130)。

通信作者: 罗良, E-mail: luoliang@bnu.edu.cn, 杨春亮, E-mail: chunliang.yang@bnu.edu.cn

1 引言

元记忆监测(metamemory monitoring)是学习者对自身学习和记忆状态的主观性评估，学习者往往根据元记忆监测的结果调控接下来的学习行为(Laursen & Fiacconi, 2021; Li et al., 2022; Yang et al., 2021; Zhao, Li, et al., 2023)。其中，学习判断(judgments of learning, JOLs; Ball et al., 2014; Dunlosky & Tauber, 2013)是以往研究中广泛使用的元记忆监测指标之一，它是指人们对自身学习或记忆状态的一种主观预测性评估(prospective metacognitive assessment)。

经典的 JOL 研究范式主要聚焦于学习阶段，个体需要在学习完每个项目后（例如，词对、图片、词语或文章段落等; Ariel et al., 2021; Li et al., 2022; Yang et al., 2018; Zhao et al., 2022），评估自己在随后的记忆测验中能够成功回忆起该项目的可能性有多大（0%表示肯定回忆不出来，100%表示肯定能回忆出来）。学习完所有项目后，被试参加记忆测试。研究者通过计算 JOL 的绝对准确性（例如，被试水平上的 JOL 平均值与回忆成绩之间的差值）和相对准确性（例如，项目水平上的 JOL 值与回忆成绩之间的 Gamma 相关系数）来量化人们的元记忆监测能力(e.g., Koriat et al., 2004; Zhao, Yin, et al., 2023)。以往研究采用 JOL 范式测量个体元记忆监测准确性时，研究者往往存在一个重要的前提假设，即该范式能够真实地、无偏地反映出被试正在进行的认知加工过程(Mitchum et al., 2016; Rhodes & Tauber, 2011; Yang et al., 2021)。然而，近期大量研究发现，在学习过程中要求被试做 JOL 会反应性地改变学习与记忆过程本身，表现出 JOL 反应性效应(i.e., *the reactivity effect of JOL*, Double & Birney, 2018; Double et al., 2018; Janes et al., 2018; Li et al., 2022; Zhao et al., 2022)。JOL 反应性效应的发现对以往元记忆研究的前提假设提出了严峻挑战与质疑，因此，十分有必要考察该效应的内在产生机制，以便在未来研究中消除该效应的干扰作用，使得未来研究能够更精确地测量个体的元记忆监测能力(Double et al., 2018; Rivers et al., 2021; Senkova & Otani, 2021)。

大量研究表明，情景记忆包含两种重要的组成成分，分别为项目自身记忆(item-specific memory)和项目间关系记忆(inter-item relational memory)。项目自身记忆涉及个体对单个刺激项目自身特征的加工(即独特性加工；distinctiveness processing)，该加工过程使得个体能够更有效地区分不同项目之间的差异，进而提高个体对单个项目自身的记忆成绩。与之不同，项目间关系记忆是指个体对不同项目之间共享的维度关系的记忆，这种维度关系可以是共同的语义关系，也可以是共同的情景关系(Diamond & Levine, 2020; Hunt, 2006; Peterson &

Mulligan, 2013)。例如，人们在购物前可能会列出所需购买的物品清单（如，茄子、香蕉、菠菜、味精、苹果和酱油等）。有些人会使用复述或生成视觉表象的方式来记忆要购买的物品，该过程则涉及项目自身记忆（即对每一个项目的记忆）；而有些人会按照清单上出现的先后顺序来识记要购买的物品，并在购物时按照顺序关系依次回忆，该过程则涉及项目间时序关系记忆(temporal inter-item relational memory)；同样，有些人会选择将不同的物品进行归类识记（例如，香蕉和苹果属于水果类），并在购物时按照语义类别关系依次回忆，该过程则涉及项目间语义关系记忆(semantic inter-item relational memory)。研究发现，与单独一种加工方式相比，同时增强项目间关系加工和项目自身特征加工能够最大化提升个体的记忆表现(optimal recall, Einstein & Hunt, 1980)。该结果表明，项目间关系记忆和项目自身记忆均是个体记忆的重要组成成分(McDaniel et al., 2016)。

Zhao 和 Li 等人(2023)首次发现做 JOL 能够促进项目自身记忆，但同时破坏项目间时序关系记忆，表明 JOL 对项目自身记忆和项目间关系记忆的反应性效应存在双分离现象(dissociated phenomenon)。在该研究中，被试需要学习多个中文词列（每列 12 个词语）。在学习阶段，一半的词列在 JOL 条件下呈现，另一半的词列在 no-JOL 条件下呈现。在 JOL 条件下，每个学习词的下方同时呈现一个 0～100 的滑条，被试需要在学习该词语的同时预测自己在随后测验中能够成功记住该词语的可能性有多大。在 no-JOL 条件下，被试只需要学习每个词语即可，无需做 JOL。当学习完全部词列后，被试需要分别完成再认记忆测试(recognition test)和顺序重建测试(order-reconstruction test)。结果发现，相比于不做 JOL，学习时做 JOL 显著提高了被试的再认记忆成绩，表明 JOL 促进了项目自身记忆，表现出积极反应性效应。然而，JOL 条件下被试对不同词语学习顺序的回忆成绩更差，表明 JOL 破坏了项目间时序关系记忆，表现出消极反应性效应。

此外，Zhao 和 Yin 等人(2023)的另一项研究发现，JOL 对项目间语义关系记忆同样存在破坏作用。在该研究中，被试需要学习一些押韵词对（例如，公路-麋鹿、太阳-山羊……），其中线索词和目标词之间存在语音押韵关系，但不存在语义相关关系。然而，不同词对的目标词之间存在语义关系，所有目标词选自六种不同的语义类别（例如，麋鹿和山羊属于动物类）。在学习阶段，一组被试需要做 JOL，另一组被试不需要做 JOL。学习完所有词对以后，被试完成自由回忆测试。在该测试中被试需要尽可能多地回忆出学习过的目标词，回忆顺序不做要求。结果发现，JOL 组在自由回忆测试中的语义聚类分数(ARC score)显著低于 no-JOL 组，表明学习时做 JOL 破坏了目标词之间的语义关系加工，削弱了项目间语义关系记忆，再次表现出项目间关系记忆的消极反应性效应。

Zhao 和 Li 等人(2023)基于项目自身与关系理论(item-specific and relational account; Hunt & McDaniel, 1993)来解释 JOL 对项目自身记忆和项目间关系记忆的反应性效应，以及为何这两种反应性效应存在双分离现象。该理论认为，在 JOL 条件下，被试需要认真分析每个项目自身的特征（例如，具体性、词频、可想像性等）并找到具有诊断性的线索，进而才能做出准确的 JOL(Senkova & Otani, 2021)。这种分析过程会促进被试对项目自身特征的加工，进而提高项目自身记忆。然而，由于个体的认知资源（如工作记忆容量）是有限的，做 JOL 的过程将占用有限的认知资源，因此个体能够分配给项目间关系加工的认知资源会相应减少，进而导致项目间关系加工受损(McDaniel & Bugg, 2008)。总之，项目间时序关系记忆和项目间语义关系记忆会由于个体过度关注项目自身特征加工而遭到破坏。因此，虽然做 JOL 会对项目自身记忆产生积极反应性效应，但同时会对项目间关系记忆产生消极反应性效应(Zhao, Li, et al., 2023; Zhao, Yin, et al., 2023)。

尽管先前研究揭示出 JOL 对记忆过程存在反应性影响，并且 Zhao 等人(2023)的研究进一步分离了 JOL 对不同记忆成分的反应性效应。但是，迄今为止，人们对反应性效应及其内在机制仍缺乏全面且深入的认识。先前反应性效应的研究均聚焦于 JOL 对已学项目记忆或已学项目间关系记忆的影响，尚未有研究考察 JOL 是否对虚假记忆(false memory)产生反应性影响。虚假记忆是指人们错误回忆或再认出那些之前没有学习过的事件或信息(Gallo, 2013)。

以往研究通常采用 Deese-Roediger-McDermott (DRM)范式来考察编码任务对真实和虚假记忆的影响(Roediger & McDermott, 1995)。在该范式中，被试需要学习不同主题的词列，每个词列由多个存在语义关联的词语组成（例如，床铺、疲劳、休息、枕头等），这些词语均指向同一个具有高度语义关联的关键诱饵词（例如，睡觉）。被试需要逐一学习每个词语，但关键诱饵词并不在学习阶段呈现。学习结束后，被试参加记忆测试。结果发现，在自由回忆测试中，被试错误回忆起关键诱饵词的比例高达 40%～50%；在再认测试中，关键诱饵词的错误虚报率几乎接近于已学词语的正确击中率(Roediger & McDermott, 1995)。换言之，在学习 DRM 词列后，个体可能会错误地回忆或再认出自己从未学习过的关键诱饵词，表现出虚假记忆(Namias et al., 2021)。

先前研究主要基于模糊痕迹理论和激活监测框架来解释 DRM 虚假记忆的内在产生机制，虽然两种理论认为虚假记忆的产生可能存在不同的认知机制，但是两种理论观点均认为 DRM 词语间的语义关系是虚假记忆产生的重要原因(详见综述, Chang & Brainerd, 2021; Huff et al., 2015)。据此，本研究采用 DRM 词列作为实验材料，考察 JOL 是否对虚假记忆产

生反应性影响。对该研究问题进行考察，能够再次检验 JOL 是否对项目间语义关系记忆产生消极反应性影响。根据项目自身与关系理论，我们预期在学习 DRM 词列时做 JOL 可能会破坏个体对 DRM 词语间语义关系的加工，进而降低虚假记忆；与此同时，做 JOL 会促进个体对 DRM 词语自身特征的加工，进而促进已学项目的真实记忆。此外，自虚假记忆发现以来，众多研究者希望开发有效的干预措施来减少或消除虚假记忆，例如重复呈现学习材料、对学习材料进行明确的指导语干预等(Starns et al., 2006)。相比于其他干预方式，学习时做 JOL 具有易操作、易实施等优势，个体仅需在学习阶段对所学材料进行记忆预测，便有可能进一步提高项目自身记忆且同时降低虚假记忆。因此，考察 JOL 对虚假记忆的反应性效应也具备重要的应用价值。

需要强调的是，项目自身与关系理论能否有效解释反应性效应的内在产生机制仍有待进一步考察。具体而言，项目自身与关系理论对项目内(intra-item)和项目间(inter-item)的语义关系记忆进行区分(Peterson & Mulligan, 2013)。先前研究考察项目内语义关系记忆时，多采用词对（例如，池塘-青蛙）作为实验材料，以单个学习试次中线索词和目标词之间的语义关联作为项目内语义关系，并通过线索回忆测试对其进行测量(Mitchum et al., 2016)。然而，项目间语义关系是指不同学习试次之间的语义关系(Mulligan & Peterson, 2015)。项目自身与关系理论指出，项目内语义关系属于项目自身的一种特征形式，因此该理论预期做 JOL 会对项目内语义关系产生积极反应性效应。先前研究考察 JOL 对项目内语义关系记忆的影响时均采用相关词对作为实验材料，且一致发现做 JOL 能够反应性地提高个体对相关词对的项目内语义关系记忆(e.g., Rivers et al., 2021; Soderstrom et al., 2015; Zhao et al., 2022)。然而，当采用具有语义相关性的词语列表作为实验材料时，JOL 能否对项目内语义关系记忆产生反应性效应仍未可知。DRM 词列为分离项目自身记忆、项目内语义关系记忆和项目间语义关系记忆提供了研究条件。因此，本研究将通过操控词列的呈现形式和 JOL 类型进一步分离 JOL 对上述三种记忆成分的反应性影响，进而深入考察项目自身与关系理论能否有效解释反应性效应的内在产生机制。

综上，本研究基于 DRM 范式，开展三个实验来考察 JOL 对虚假记忆的反应性影响，并进一步检验项目自身与关系理论。实验 1 采用逐项 JOL，初步揭示 JOL 对虚假记忆的反应性效应，并再次检验 JOL 对项目间语义关系记忆的消极反应性效应。实验 2 和实验 3 通过操控 DRM 词列的呈现形式和 JOL 类型，考察整体 JOL 对项目自身记忆、项目内和项目间语义关系记忆的反应性影响，进一步分离不同记忆成分的反应性效应。对上述问题进行探讨，

有利于揭示反应性效应的内在产生机制，并为后续研究者制定虚假记忆干预措施提供科学参考。

2 实验 1：JOL 对虚假记忆的反应性效应

实验 1 要求被试在学习每个 DRM 词语后做 JOL，即要求被试做逐项 JOL，进而考察逐项 JOL 是否对虚假记忆产生消极反应性效应。根据项目自身与关系理论，我们预期 JOL 将在编码阶段促进项目自身加工，从而提高项目自身记忆，但同时破坏项目间语义关系加工，进而降低虚假记忆。

2.1 方法

2.1.1 被试

根据预实验结果（JOL 对关键诱饵词虚报率的效应量为 Cohen's d = -0.36），采用 G*Power 软件进行统计功效分析(Faul et al., 2007)。结果表明，至少需要 63 名被试才能够在统计检验力为 0.80 的条件下观测到显著的反应性效应（双尾检验, $\alpha = 0.05$）。最终招募 64 名在校大学生（男生 21 名，女生 43 名），平均年龄为 21.84 岁($SD = 2.21$)，裸眼或矫正视力正常。所有被试均在隔音实验室内单独完成实验，实验结束后获得一定的报酬。

2.1.2 实验材料

实验材料选自 Stadler 等人(1999)建立的 DRM 词表，共包含 36 列 DRM 词表。本研究参照中文虚假记忆研究对材料进行翻译和调整(冯子芳, 2018; 周楚, 2005)，最终选取 26 列 DRM 中文词表作为实验材料。其中，2 列 DRM 词表用于练习阶段（JOL 和 no-JOL 条件各一列），练习阶段数据不纳入最终数据分析。

正式实验中其他的 24 列 DRM 词表被分为两个集合，分别是 Set A 和 Set B，每个集合包含 12 列词表。Set A 作为学习集合，在学习阶段呈现；Set B 作为控制集合，在学习阶段不呈现，仅在测试阶段作为新词呈现（新词用于分别匹配 DRM 学习词和关键诱饵词）。Set A 和 Set B 在被试间进行平衡。Set A 的 12 列词表被分成 4 组学习材料，JOL 和 no-JOL 条件下各两组（即各 6 列）。每列词表由 12 个相同主题的词语组成，例如"睡觉、休息、疲倦、枕头、做梦、叫醒、床铺、就寝、哈欠、呼噜、催眠、毛毯"。其中，11 个词语作为学习词在学习阶段呈现（序号 2-12），余下每列词表对应的 1 个关键诱饵词（序号 1 词语：睡觉）在学习阶段不呈现，仅在测试阶段呈现，作为虚假记忆的测量项目。

综上，被试在学习阶段需要在 JOL 和 no-JOL 条件下各学习 66 个 DRM 词语。在最终测试阶段，被试需要对 168 个词语进行新旧再认判断。再认测试包括旧词 72 个（即，每列学习过的 DRM 词表中序号为 2、4、6、8、10 和 12 的词语）、学习过的 DRM 词表的关键诱饵词 12 个（即，每列 DRM 词表中的第 1 个关键诱饵词）、未学习过的 DRM 词表的关

键诱饵词 12 个（即，每列未学习过的 DRM 词表中第 1 个关键诱饵词）、未学习过的 DRM 词表相同位置对应的未学新词 72 个（即，每列未学习过的 DRM 词表中序号为 2、4、6、8、10 和 12 的词语）。

2.1.3 实验设计

实验 1 采用单因素被试内实验设计（学习条件：JOL *vs.* no-JOL）。因变量为已学词语的再认击中率和辨别力 *d'* 以及关键诱饵词的再认虚报率和辨别力 *d'*。

2.1.4 实验程序

实验流程包括学习阶段、分心任务和新旧再认测试阶段（见图 1）。正式实验开始前，被试需要完成包含 2 列 DRM 词表（JOL 和 no-JOL 条件各一列词表）的练习任务，以确保他们能够理解所有的实验要求。练习阶段结束后，被试立即开始正式实验。

在正式实验中，被试需要学习四组词语，每组包含 3 列 DRM 词表，每列词表 11 个词语。其中两组词表学习时需要进行记忆预测（即 JOL 条件），另两组词表不需要进行记忆预测（即 no-JOL 条件）。实验开始前，告知被试无论他们是否需要对某组词语进行记忆预测，他们均需要尽最大努力记住所学词语，因为全部的词语均会被最终测试。在学习每列词表前，电脑会提示被试是否需要对下一组词表进行记忆预测。

在 no-JOL 条件下，每列词表中 11 个 DRM 词语逐个呈现，呈现顺序固定，即按照它们与关键诱饵词语义关联强度从高到低依次呈现(周楚, 2005)。每个学习词呈现时间为 3 s，学习词之间呈现 0.5 s 的注视点“+”。与 no-JOL 条件唯一不同的是，在 JOL 条件下，当被试学习每个词语时，词语下方会同时出现一个 0 ~ 100 的滑条，被试需要在学习词语的同时完成记忆预测，即预测自己在随后的测试中能够回忆起该词的可能性有多大（0 表示肯定记不住；100 表示肯定能记住）。被试需要在 3 s 内完成记忆预测，如果学习时间结束后被试仍然没有做出预测，电脑会弹出提示框，以提醒被试对随后的词语进行记忆预测。如果被试在 3 s 结束前完成了记忆预测，词语和滑条将继续呈现，直至 3 s 结束。总之，JOL 和 no-JOL 条件间的学习时间完全匹配。

当四组词表全部学习结束后，分心任务立即开始。屏幕上会呈现两位数的加减法运算题(例如，45 + 23 = ___)，被试需要在等号后面输入计算后的结果。分心任务不提供任何反馈，任务持续时间为 10 分钟。

分心任务结束后，被试开始参加新旧再认测试。在再认测试中，屏幕上会以随机的顺序呈现单个词语，这些词语可能是在学习阶段已经学习过的旧词，也可能是在实验中从未学习过的新词（如，学习过的 DRM 词表中的关键诱饵词或未学习过的 DRM 词表中的词语），

被试需要单击 Y 键（旧词）或 N 键（新词）报告屏幕上呈现的词语是否为旧词。新旧再认测试不限时间，也不提供任何反馈。

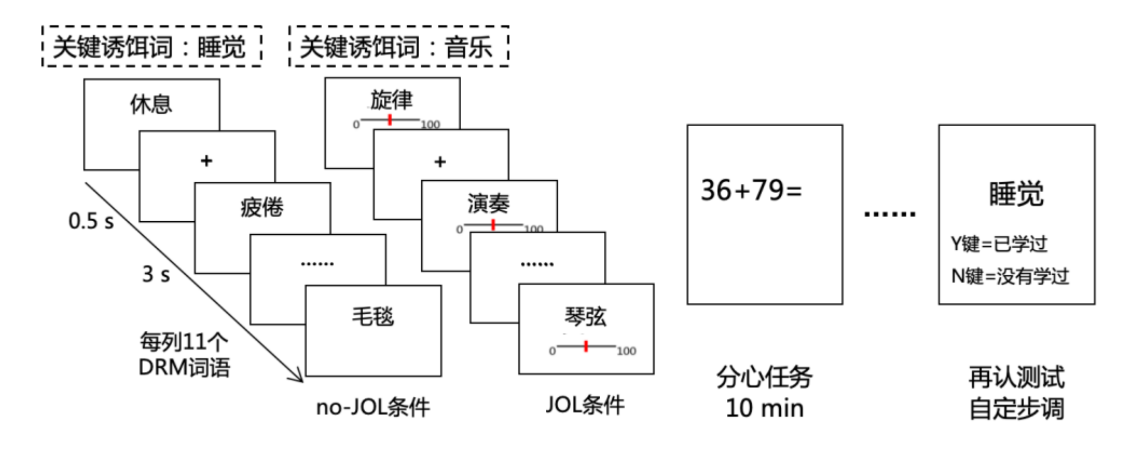


图 1 实验 1 的流程图

2.2 结果与分析

2.2.1 已学词语（真实记忆）

在已学词语的再认击中率上，通过配对样本 *t* 检验发现，JOL 条件($M = 0.88$, $SD = 0.11$)的再认击中率显著高于 no-JOL 条件($M = 0.75$, $SD = 0.17$), difference = 0.13, 95% CI [0.09, 0.16], $t(63) = 6.73$, $p < 0.001$, Cohen's $d = 0.84$（见图 2A 左侧），表明 JOL 对项目自身记忆存在积极反应性效应。如图 2B 所示，50 名被试的已学词语再认击中率均表现出积极反应性效应，仅有 7 名被试表现出消极反应性效应，另外 7 名被试未表现出反应性效应。

该结果在已学词语的辨别力 *d'*指标[1]上得到重复验证：与 no-JOL 条件($M = 2.07$, $SD = 0.89$)相比，JOL 学习条件($M = 2.58$, $SD = 0.81$)下被试对已学词语和未学新词的辨别力显著更高，difference = 0.51, 95% CI [0.37, 0.65], $t(63) = 7.08$, $p < 0.001$, Cohen's $d = 0.89$。

1 当被试的击中率或虚报率为 1 或 0 时，本研究采用先前研究的 1-1/(2N)和 1/(2N)分别对 1 和 0 进行数据校正(Macmillan & Kaplan, 1985)，其中 N 为信号试次数量。

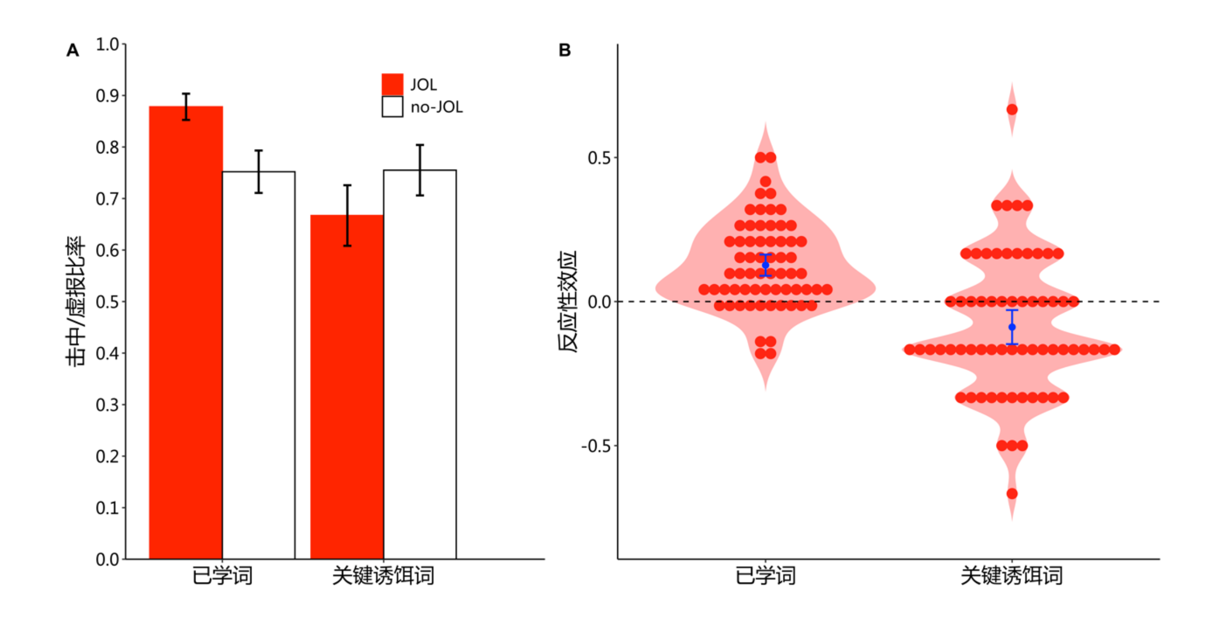


图 2 图 A 表示实验 1 中 JOL 和 no-JOL 学习条件间再认比率（已学词的击中率和关键诱饵词的虚报率）。图 B 表示在已学词和关键诱饵词上，个体层面 JOL 反应性效应（即 JOL 和 no-JOL 学习条件间测试成绩的差值），每个红点代表单个被试的反应性效应分数，蓝点代表整体反应性效应的均值。误差线表示 95%置信区间。

2.2.2 关键诱饵词（虚假记忆）

在关键诱饵词的再认虚报率上，通过配对样本 t 检验发现，JOL 条件(M = 0.67, SD = 0.24)的关键诱饵词虚报率显著低于 no-JOL 条件(M = 0.76, SD = 0.20), difference = -0.09, 95% CI [-0.15, -0.03], t(63) = -2.94, p = 0.005, Cohen's d = -0.37（见图 2A 右侧）。该结果表明，相比于 no-JOL，学习时做 JOL 破坏了被试对 DRM 词语间语义关系的编码，进而降低了关键诱饵词虚假记忆的产生。如图 2B 所示，36 名被试表现出 JOL 对虚假记忆的消极反应性效应，仅有 15 名被试表现出积极反应性效应，另外 13 名被试未表现出反应性效应。

在关键诱饵词的辨别力 d'指标上同样发现，JOL 条件(M = 1.62, SD = 1.04)的关键诱饵词辨别力显著低于 no-JOL 条件(M = 1.99, SD = 1.04)，difference = -0.37, 95% CI [-0.63, -0.11], t(63) = -2.88, p = 0.005, Cohen's d = -0.36。该结果再次表明，相比于 no-JOL 条件，JOL 条件下个体更难区分已学习和未学习的 DRM 词表中的关键诱饵词，表现出更少的虚假记忆[2]。

2.3 讨论

2 实验 1 以记忆成绩（击中或虚报率）为因变量进行 2（学习方式：JOL *vs.* no-JOL）×2（记忆类型：真实记忆 *vs.* 虚假记忆）重复测量方差分析。结果发现，学习方式主效应不显著，F(1, 63) = 0.90, p = 0.347, η_p^2 = 0.01。记忆类型主效应显著，F(1, 63) = 17.10, p < 0.001, η_p^2 = 0.21，虚假记忆成绩显著低于真实记忆。学习方式和记忆类型之间的交互作用显著，F(1, 63) = 49.32, p < 0.001, η_p^2 = 0.44。

实验 1 采用 DRM 范式发现，逐项 JOL 能够有效抑制虚假记忆的产生，表现出虚假记忆的消极反应性效应。此外，与先前研究发现一致，逐项 JOL 促进项目自身记忆加工，进而提高已学词语的再认击中率。实验 1 基于虚假记忆的反应性效应重复验证了 Zhao 和 Yin 等人(2023)的研究发现，即 JOL 对项目间语义关系具有破坏作用，这种破坏作用不局限于已学词语之间的语义类别关系记忆，在 DRM 虚假记忆研究范式中同样存在。上述研究结果重复验证了项目自身与关系理论，即做 JOL 在促进项目自身记忆的同时会破坏项目间关系记忆。

3 实验 2：整体 JOL 对虚假记忆的反应性效应：纯列表

如前所述，项目自身与关系理论进一步区分了项目内和项目间的语义关系记忆，并且该理论预期 JOL 对二者产生不同的反应性效应(Mulligan & Peterson, 2015; Peterson & Mulligan, 2013)。为了检验该理论预测，实验 2 要求被试对每列 DRM 纯词表的全部词语进行整体记忆预测，考察整体 JOL 对项目内语义关系记忆的反应性效应。每列 DRM 纯词表内的全部词语存在共同的语义或主题关系，即存在较强的列表内语义关系。不同试次的列表间不具备语义关系，即不存在列表间语义关系。根据项目自身与关系理论，我们预期整体 JOL 将促进 DRM 纯词表中项目内语义关系加工，进而促进虚假记忆的产生。

3.1 方法

3.1.1 被试

根据预实验结果(Cohen's d = 0.39)进行统计功效分析，结果表明至少需要 54 名被试才能在统计检验力为 0.80 的条件下观测到虚假记忆上显著的反应性效应（双尾检验, $\alpha = 0.05$）。实验 2 招募在校大学生 55 名，其中男生 12 名，平均年龄为 20.35 岁 ($SD = 3.09$)，裸眼或矫正视力正常。所有被试均在隔音实验室内单独完成实验，实验结束后获得一定的报酬。

3.1.2 实验材料

为了提高每种学习条件下关键诱饵词的数量，实验 2 对实验材料做出如下调整：首先，我们增加了 JOL 和 no-JOL 条件下的 DRM 列表数量。我们将实验 1 中的 24 列 DRM 词表均作为学习集合（即，作为学习词和再认测试中的旧词），并从 Cai 和 Brysbaert (2010)中文词库中选取 120 个新词，作为控制集合（即，作为再认测试中的新词）。控制集合中，48 个词语作为关键诱饵词的控制新词，余下 72 个词语作为已学词语的控制新词，新词的词频和笔画数与已学词语和关键诱饵词不存在显著差异($ps > .50$)。其次，与实验 1 不同，实验 2 选定每个 DRM 词表的前两个词语作为关键诱饵词（即，选取每个 DRM 列表中的第 1 和第 2 个词语作为关键诱饵词），并依次顺延 6 个词语作为学习词（即，选取每个 DRM 列表中的

第 3-8 个词语作为学习词），最后 4 个词语不纳入实验 2（即，移除每个 DRM 词列中的第 9-12 个词语）。换言之，实验 2 中，每列 DRM 词表由 8 个词语组成，其中前 2 个词语作为关键诱饵词，在学习阶段不呈现，仅在测试阶段呈现；余下 6 个学习词在学习阶段按列同时呈现[3]。

综上，实验 2 中被试需要在 JOL 和 no-JOL 学习条件下各学习两组词表，每组词表包含 6 个 DRM 词表，每个 DRM 词表包含 6 个学习词语。在再认测试阶段，被试需要对 240 个词语进行新旧再认判断，包含学习词语 72 个（即，每个 DRM 词表中序号为 3、5、7 的词语）、学习过的 DRM 词表的关键诱饵词 48 个（即，每个 DRM 词表中序号为 1 和 2 的词语）、匹配的关键诱饵新词 48 个、匹配的未学习新词 72 个。

3.1.3 实验设计

实验 2 采用单因素被试内实验设计（学习条件：整体 JOL *vs.* no-JOL）。因变量为已学词语的再认击中率和辨别力 *d'*以及关键诱饵词的再认虚报率和辨别力 *d'*。

3.1.4 实验程序

与实验 1 相似，实验 2 的流程包括学习阶段、分心任务和新旧再认测试阶段（如图 3 所示）。与实验 1 不同的是，在实验 2 的学习阶段，每个 DRM 词表的全部词语（即，6 个词语）会在屏幕上同时纵向呈现，被试需要按词列完成学习，每列词表的学习时间为 12 s。每列词表的 6 个词语按照它们与关键诱饵词的关联强度由高到低依次进行排列。此外，与实验 1 的逐项 JOL 不同，实验 2 要求被试对每个词列完成整体 JOL。具体而言，在整体 JOL 学习条件下，当被试学习每个词表 6 s 后，词表下方会出现一个记忆预测滑条，被试需要预测自己在接下来的测试中能够成功记住该词列中的多少个词语（0%表示不能记住任何一个词语；100%表示能够记住所有词语）。被试移动鼠标至评估位置，单击即可完成记忆预测。如果被试在后 6 s 没有做出预测，电脑会出现弹窗进行提示，告知他们需要认真对接下来的词列做记忆预测。如果被试在学习时间结束前完成了记忆预测，滑条和词列将继续呈现，直至 12 s 学习时间结束。而在 no-JOL 学习条件下，屏幕上仅纵向呈现一个 DRM 词列的 6 个

3 实验 2 的另一项预实验采用与实验 1 相同的实验材料，即材料包括每个 DRM 词表中的 11 个词语和 1 个关键诱饵词。预实验流程与实验 2 一致，唯一的区别是学习阶段屏幕上呈现学习词语的数量。当 11 个学习词同时呈现时，词语之间语义相关性线索凸显性过强，导致 JOL 和 no-JOL 条件下的关键诱饵词虚报率均出现天花板效应。因此，为了降低虚假记忆的天花板效应，实验 2 减少了每列 DRM 词语的数量，并且增加了关键诱饵词的数量。

词语，呈现时间 12 s，被试不需要做整体 JOL。除学习阶段的差异外，分心任务和新旧再认测试均与实验 1 完全相同。

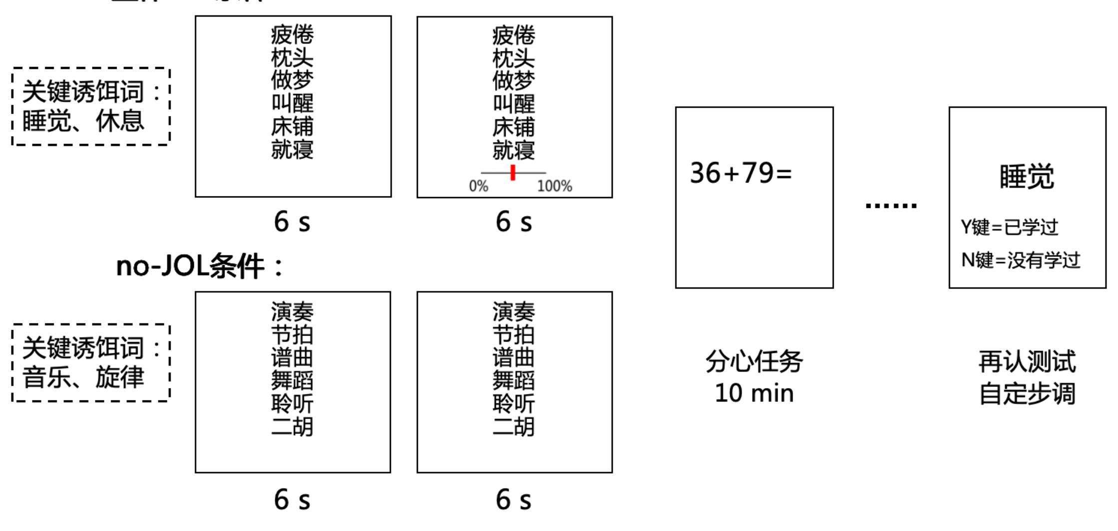


图 3 实验 2 的实验流程图

3.2 结果与分析

3.2.1 已学词语（真实记忆）

在已学词语的再认击中率上，通过配对样本 t 检验发现，整体 JOL 学习条件(M = 0.70, SD = 0.15)的再认击中率显著高于 no-JOL 条件(M = 0.64, SD = 0.21), difference = 0.06, 95% CI [0.01, 0.11], t(54) = 2.60, p = 0.012, Cohen's d = 0.35（见图 4A 左侧），表明整体 JOL 能够促进项目自身记忆（即，JOL 对项目自身记忆产生积极反应性效应）。如图 4B 所示，30 名被试的已学词语再认击中率表现出积极反应性效应，18 名被试表现出消极反应性效应，7 名被试表现出无反应性效应。

在已学词语的辨别力 d'指标上同样发现，与 no-JOL 条件(M = 1.69, SD = 0.77)相比，整体 JOL 学习条件(M = 1.87, SD = 0.63)下被试对已学词语和未学新词的辨别力更高，difference = 0.19, 95% CI [0.03, 0.34], t(54) = 2.41, p = 0.019, Cohen's d = 0.33。上述结果表明，整体 JOL 促进了被试对学习词本身的再认成绩，表现出已学词语再认记忆的积极反应性效应，该结果与实验 1 的发现一致。

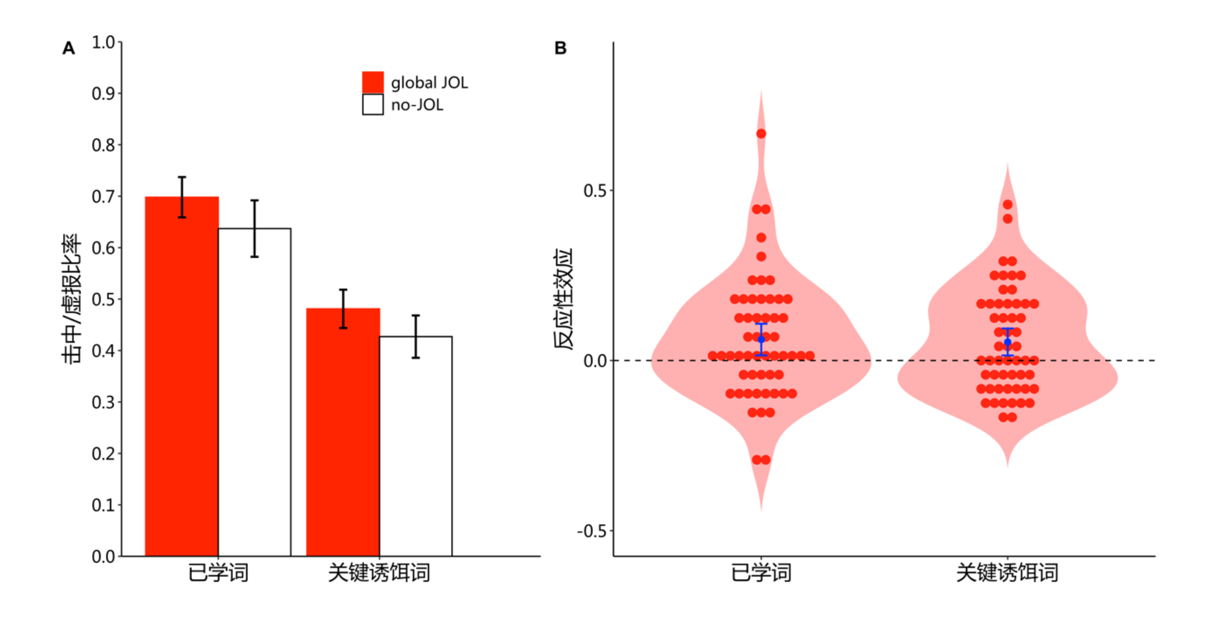


图 4　图 A 表示实验 2 中整体 JOL 和 no-JOL 学习条件间再认比率（已学词的击中率和关键诱饵词的虚报率）。图 B 表示在已学词和关键诱饵词上，个体层面 JOL 反应性效应（即 JOL 和 no-JOL 学习条件间测试成绩的差值），每个红点代表单个被试的反应性效应分数，蓝点代表整体反应性效应的均值。误差线表示 95%置信区间。Global JOL = 整体 JOL。

3.2.2 关键诱饵词（虚假记忆）

在关键诱饵词的再认虚报率上，通过配对样本 *t* 检验发现，整体 JOL 学习条件(*M* = 0.48, *SD* = 0.14)的关键诱饵词虚报率显著高于 no-JOL 条件(*M* = 0.43, *SD* = 0.16), difference = 0.06, 95% CI [0.01, 0.10], *t*(54) = 2.69, *p* = 0.009, Cohen's *d* = 0.36（见图 4A 右侧）。如图 4B 所示，27 名被试的关键诱饵词虚报率表现出积极反应性效应，21 名被试表现出消极反应性效应，7 名被试未表现出反应性效应。

在关键诱饵词的辨别力 *d*'指标上同样发现，整体 JOL 学习条件(*M* = 1.31, SD = 0.62)下关键诱饵词的辨别力显著高于 no-JOL 条件(*M* = 1.15, *SD* = 0.60)，difference = 0.16, 95% CI [0.04, 0.28], *t*(54) = 2.71, *p* = ..009, Cohen's *d* = 0.37。关键诱饵词的结果表明，当对 DRM 词表做整体 JOL 时，JOL 强化了词列内的语义关系加工，进而促进了虚假记忆的产生[4]。

3.3 讨论

在已学词语上，整体 JOL（实验 2）和逐项 JOL（实验 1）均表现出对项目自身特征加工的促进作用，进而提高已学词语的再认测试成绩，表现出积极反应性效应。在关键诱饵词

---

4 实验 2 以记忆成绩（击中或虚报率）为因变量进行 2（学习方式：整体 JOL *vs.* no-JOL）×2（记忆类型：真实记忆 *vs.* 虚假记忆）重复测量方差分析。结果发现，学习方式主效应显著，$F(1, 54) = 10.32$, $p = 0.002$, $\eta_p^2 = 0.16$，整体 JOL 条件的记忆成绩显著高于 no-JOL 条件。记忆类型主效应显著，$F(1, 54) = 136.66$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.72$，虚假记忆成绩显著低于真实记忆。学习方式和记忆类型之间的交互作用不显著，$F(1, 54) = 0.08$, $p = 0.78$, $\eta_p^2 = 0.001$。

（即虚假记忆）上，实验 2 发现与 no-JOL 相比，做整体 JOL 增强了词列内的语义关系加工（即项目内语义关系加工），进而导致个体产生了更多的虚假记忆。实验 2 的结果符合项目自身与关系理论预期：项目自身记忆和项目内关系记忆均表现出积极反应性效应。

4 实验 3：整体 JOL 对虚假记忆的反应性效应：混合列表

实验 3 采用混合列表，考察整体 JOL 对列表间语义关系加工的影响，再次检验项目自身与关系理论。混合列表指的是同一列表内的词语来自不同的 DRM 词表，每个词语分别对应不同的关键诱饵词，同一列表内的不同词语之间不存在语义关联。然而，不同列表中相同位置的词语均指向共同的关键诱饵词，即不同列表间存在较强的语义关联。根据项目自身与关系理论，我们预期当列表间存在语义关系时，做整体 JOL 将促进项目（即列表内的各个词语）真实记忆，并破坏列表间语义关系加工（即破坏列表间关系记忆），进而降低虚假记忆的产生。换言之，在 DRM 混合列表中，整体 JOL 表现出对虚假记忆的削弱作用。

4.1 方法

4.1.1 被试

根据预实验结果(Cohen's d = -0.41)，进行统计功效分析，结果表明至少需要 49 名被试才能够在统计检验力为 0.80 的条件下观测到显著的虚假记忆反应性效应（双尾检验, α = 0.05）。实验 3 招募在校大学生 49 名，其中男生 16 名，平均年龄为 21.22 岁 (SD = 2.27)，裸眼或矫正视力正常。所有被试均在隔音实验室内单独完成实验，实验结束后被试获得一定的报酬。

4.1.2 实验材料

同实验 2。

4.1.3 实验设计

同实验 2。

4.1.4 实验程序

实验 3 程序如图 5 所示。与实验 2 不同的是，实验 3 呈现的每列词表是由六个不同主题的 DRM 词语组成（即 DRM 混合词表），混合词列呈现顺序为纯词列中对应位置的词语组成。具体而言，电脑随机将 24 列 DRM 纯词表分成 4 组，整体 JOL 和 no-JOL 条件下各两组，每组包含 6 列 DRM 纯词表。对于每组学习词表而言，电脑按学习词的位置顺序重新生成 6 列混合词表。换言之，每组第一列学习词表由 6 列 DRM 纯词表中序号为 3 的词语组

成；第二列学习词表由 6 列 DRM 纯词表中序号为 4 的词语组成；以此类推，最后每组生成 6 列混合词表。

与实验 2 另一个不同在于，在实验 3 的新旧再认测试中，学习词不再按照每列奇数位置选取词语进行测试，而是按照每组奇数列选取，即第一列、第三列和第五列的词语作为再认测试中的已学词语进行测试。

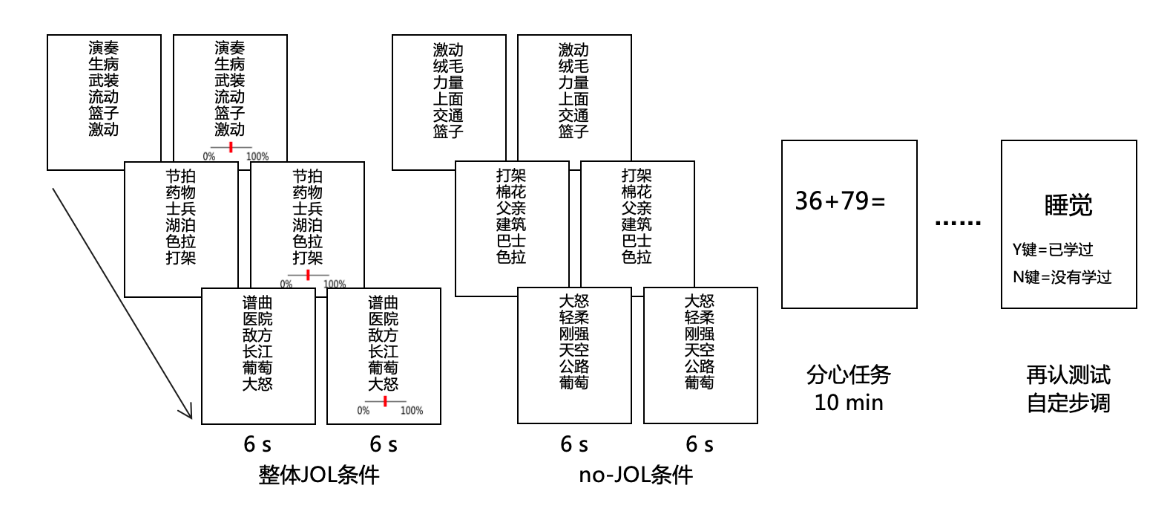


图 5 实验 3 的实验流程图

4.2 结果与分析

4.2.1 已学词语（真实记忆）

在已学词语的再认击中率上，通过配对样本 t 检验发现，整体 JOL 学习条件(M = 0.61, SD = 0.17)和 no-JOL 条件(M = 0.63, SD = 0.17)的再认击中率无显著差异，difference = -0.02, 95% CI [-0.07, 0.03], t(48) = -0.78, p = 0.441, Cohen’s d = -0.11（见图 6A 左侧）。如图 6B 所示，21 名被试的已学词语再认击中率表现出积极反应性效应，24 名被试表现出消极反应性效应，4 名被试表现出无反应性效应。

在已学词语的辨别力 d' 指标上，同样发现两种学习条件间不存在显著差异(整体 JOL: M = 0.99, SD = 0.51; no-JOL: M = 1.04, SD = 0.60)，difference = -0.05, 95% CI [-0.18, 0.09], t(48) = -0.69, p = 0.492, Cohen’s d = -0.10。

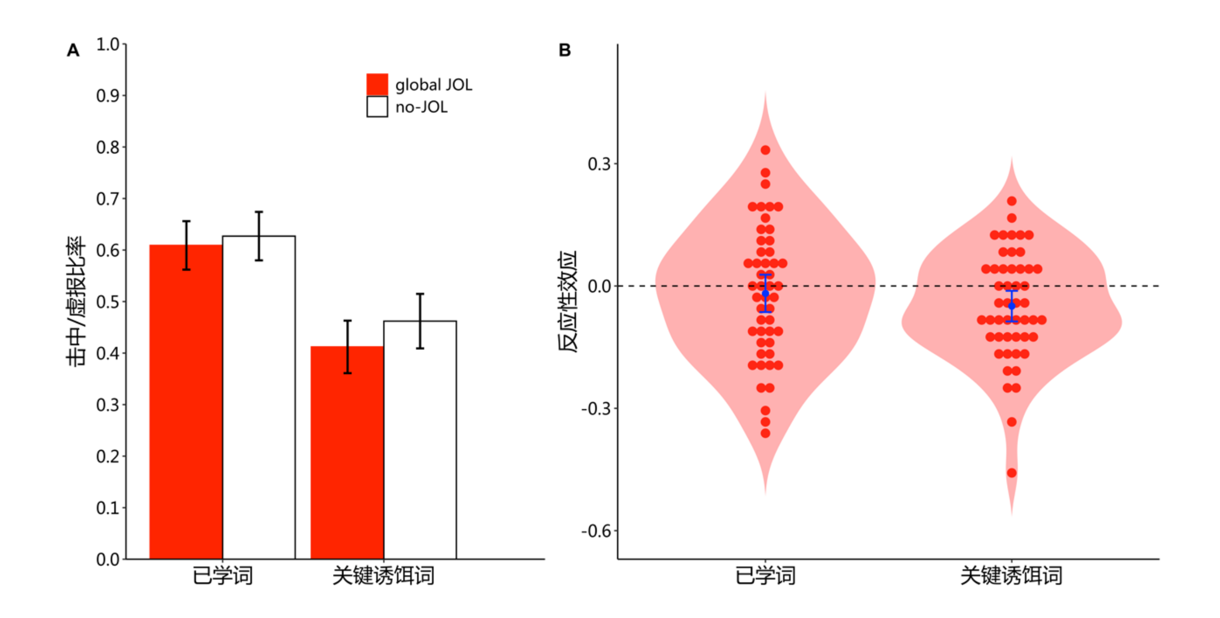


图 6　图 A 表示实验 3 中整体 JOL 和 no-JOL 学习条件间再认比率（已学词的击中率和关键诱饵词的虚报率）。图 B 表示在已学词和关键诱饵词上，个体层面 JOL 反应性效应（即整体 JOL 和 no-JOL 学习条件间测试成绩的差值），每个红点代表单个被试的反应性效应分数，蓝点代表整体反应性效应的均值。误差线表示 95%置信区间。Global JOL = 整体 JOL。

4.2.2 关键诱饵词（虚假记忆）

重要的是，在关键诱饵词的再认虚报率上，通过配对样本 *t* 检验发现，整体 JOL 学习条件(*M* = 0.41, *SD* = 0.18)的关键诱饵词虚报率显著低于 no-JOL 条件(*M* = 0.46, *SD* = 0.19), difference = -0.05, 95% CI [-0.09, -0.01], *t*(48) = -2.57, *p* = 0.013, Cohen's *d* = -0.37（见图 6A 右侧）。如图 6B 所，28 名被试的关键诱饵词虚报率表现出消极反应性效应，仅有 17 名被试表现出积极反应性效应，另外 4 名被试未表现出反应性效应。

在关键诱饵词的辨别力 *d'*指标上，同样发现整体 JOL 学习条件(*M* = 0.39, *SD* = 0.43)的辨别力显著低于 no-JOL 条件(*M* = 0.53, *SD* = 0.49), difference = -0.15, 95% CI [-0.26, -0.03], *t*(48) = -2.55, *p* = 0.014, Cohen's *d* = -0.36。关键诱饵词再认虚报率和辨别力 *d'*的结果表明，当 DRM 词列为混合列表时，整体 JOL 阻碍了列表间词语的语义关系加工，因此降低虚假记忆，再次表现出虚假记忆的消极反应性效应[5]。

4.3 讨论

5 实验 3 以记忆成绩（击中或虚报率）为因变量进行 2（学习方式：整体 JOL *vs.* no-JOL）×2（记忆类型：真实记忆 *vs.* 虚假记忆）重复测量方差分析。结果发现，学习方式主效应不显著，$F(1, 48) = 3.29, p = 0.076, \eta_p^2 = 0.06$。记忆类型主效应显著，$F(1, 48) = 79.06, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.62$，虚假记忆成绩显著低于真实记忆。学习方式和记忆类型之间的交互作用不显著，$F(1, 48) = 2.20, p = 0.15, \eta_p^2 = 0.04$。

实验 3 采用混合列表，发现整体 JOL 对虚假记忆产生破坏作用，该结果与实验 1 的发现一致。但是，与前两个实验发现不同的是，整体 JOL 对词列自身的加工优势消失（已学词语的再认击中率和辨别力 *d'*指标上未出现积极反应性效应）。造成该结果的原因可能是，混合词列由多个子项目组成（即由 6 个无关的词语组成），整体 JOL 对词列本身真实记忆的促进作用被分散至每个子项目上。因此，对于单个子项目而言，整体 JOL 的促进作用减小，导致实验 3 未观察到整体 JOL 对项目自身记忆的积极反应性效应。

5 总讨论

本研究基于 DRM 范式考察 JOL 对虚假记忆的反应性影响及其内在产生机制，研究结果进一步为项目自身与关系理论提供了支持证据。实验 1 采用逐项 JOL，初步揭示出学习时做 JOL 会阻碍被试对 DRM 词语间语义关系的加工，进而降低虚假记忆；同时，做 JOL 能够促进被试对 DRM 词语本身特征的加工，进而提高项目自身的真实记忆。总之，JOL 对项目自身记忆（即已学词语的真实记忆）和项目间关系记忆（即关键诱饵词的虚假记忆）的反应性效应出现了双分离现象，该结果支持项目自身与关系理论。

为了进一步检验项目自身与关系理论关于项目内和项目间语义关系加工的理论预期，实验 2 和实验 3 通过操控 DRM 词列的呈现形式（即纯列表和混合列表）和 JOL 类型（即整体 JOL），成功剥离了 JOL 对项目自身记忆、项目内和项目间语义关系记忆的反应性效应。实验 2 采用整体 JOL，要求被试对 DRM 纯词表（即列表内存在语义关系）进行记忆预测。结果发现，整体 JOL 促进项目自身记忆，同时增强纯列表内的语义关系记忆，进而促进虚假记忆。为验证实验 1 结果的稳定性，实验 3 以混合列表的形式呈现 DRM 词列，即列表内词语之间不存在语义关联，但列表间相同位置的词语存在语义关联。结果发现，整体 JOL 对项目间语义关系记忆（即混合列表间语义关系记忆）同样表现出破坏作用，该结果再次支持项目自身与关系理论。

5.1 真实和虚假记忆的反应性效应存在双分离现象

实验 1 揭示出逐项 JOL 能够促进已学项目的真实记忆，但同时降低虚假记忆。相似的结果在独特性加工的研究中被重复观察到。例如，McCabe 和 Smith (2006)基于 DRM 范式发现，生成信息(generation)作为一种独特性编码方式，其能够提高个体对已学词语的真实记忆，同时这种方式还能够降低虚假记忆。该研究中生成组被试需要在学习阶段听写发音倒置的单词（例如，tch-wa）并将其转换成标准单词形式（即，watch），而控制组被试直接听写发音标准的单词（例如，table）。结果发现，与控制组相比，生成组对已学词语的正确击中率

更高，并且对关键诱饵词的错误虚报率更低，表现出镜像效应(mirror effect; Hunt et al., 2011; Starns et al., 2006)。基于独特性加工视角，McCabe 和 Smith (2006)提出造成镜像效应的原因是，生成学习促进了项目自身独特性加工，但由于个体的认知加工资源是有限性的，生成信息会同时破坏个体对 DRM 词语之间语义关系的加工，而这种语义关系加工是导致虚假记忆产生的关键机制。因此，虽然生成学习会促进已学词语的真实记忆，但同时降低虚假记忆(Brainerd & Reyna, 2002; Roediger et al., 2001)。

以往大量研究发现，独特性加工是提升项目自身记忆的重要内在机制，其可进一步划分为任务独特性和项目独特性(Hunt, 2006)。其中，任务独特性是指学习方式本身能够促进项目自身特征的编码。例如，测试对比重复学习(the testing effect)、生成对比完整学习(the generation effect)、绘画对比默读学习(the drawing effect)等，这些学习方式通过促进项目自身独特性编码来提高项目自身记忆，因此这些编码方式也被称为独特性编码策略(Bodner et al., 2016; Hunt & McDaniel, 1993)。此外，项目独特性是指项目固有的特征，例如，英文或中文实验材料中出现数字、言语材料中出现图片，这些学习材料的独特性也能够有效促进个体的项目自身记忆(Icht et al., 2014)。

学习时做 JOL 也是一种促进项目自身独特性加工的编码方式，做 JOL 时可能同时促进任务独特性和项目独特性。一方面，与不做 JOL 相比，做 JOL 需要个体集中注意并分析当前所学项目，激活更多关于项目本身的诊断性线索，从而做出合理的记忆预测(Senkova & Otani, 2021; Zhao et al., 2022)。该过程增加了个体对项目自身特征的编码，即产生任务独特性。另一方面，个体对已学项目给予不同的 JOL 数值，每个数值与项目一一对应，JOL 数值增加了项目自身的特征性和项目间的区分度，因此做 JOL 也可能增加项目独特性(Mitchum et al., 2016)。由于做 JOL 增强了项目自身的独特性特征，个体会投入更多的注意资源到项目本身上；与此同时，因为认知资源的有限性，只有较少的认知资源会被投入到项目间关系加工。因此，做 JOL 能够提高项目自身记忆，但同时破坏项目间关系记忆，导致真实和虚假记忆的反应性效应发生分离。需要指出的是，独特性加工并不局限于编码阶段，在提取阶段也同样存在（即独特性启发式，distinctive heuristic）。未来研究可以采用能够区分编码和提取阶段独特性加工作用的新范式（例如，inclusion test），进一步考察独特性加工如何影响反应性效应的产生(Hege & Dodson, 2004)。

此外，上述结果也符合虚假记忆的模糊痕迹理论(fuzzy-trace theory)解释(Brainerd & Reyna, 2002; Reyna & Lloyd, 1997)。该理论指出虚假记忆的内在产生机制是，人们在信息加工时主要依赖于语义或意义表征(即要义痕迹, gist trace)，而非依赖于信息的具体细节表征

(即字面痕迹, verbatim trace)。然而，随着人们对信息自身特征或细节的利用增加，虚假记忆将逐渐减小或消失。与该理论假设一致，当要求被试对 DRM 词列中的每项词语做 JOL 时，被试需要仔细分析每个词语独特性特征或具体细节，从而做出准确的 JOL (Zhao et al., 2022)。由于逐项 JOL 迫使被试将大量的认知资源投入到项目自身特征加工，导致分配给不同 DRM 词语间语义关系加工的认知资源相应减少，因此逐项 JOL 降低了虚假记忆。

实验 2 进一步操控 JOL 类型和 DRM 词列呈现形式，发现 DRM 纯列表条件下做整体 JOL 能够促进虚假记忆。该结果与 Namias 等人(2021)的研究结果一致，其研究采用绘画学习（即独特性编码方式）发现，DRM 词列的呈现形式能够调节虚假记忆的产生。其研究中，被试需要在学习每个 DRM 词语时画出该词语指代的图像。对于其中一组被试，屏幕上会同时呈现每列词表的全部 DRM 词语，被试需要将词语组合完成同一副绘画（即整合绘画组）。而对于另一组被试，每列词表的 DRM 词语逐个呈现，被试需要分别针对每个词语完成绘画（即单个绘画组）。研究发现，相比于单个绘画组，整合绘画组的关键诱饵词再认虚报率更高，表现出更强的虚假记忆。Namias 等人认为造成这一现象的原因是，相比于单个绘画，整合绘画会促使个体意识到列表内的 DRM 词语之间存在较强的语义关联，因此整合绘画增强了列表内语义关系加工，进而导致个体产生较强的虚假记忆。同样地，本研究的实验 2 同时呈现 DRM 纯列表的全部词语，这些词语存在共同的语义关系并指向相同的关键诱饵词。学习时做整体 JOL 将利用并强化纯列表中各个 DRM 词语的语义线索，进而提高已学词语本身和关键诱饵词的记忆。

实验 3 发现，在 DRM 混合列表条件下，做整体 JOL 破坏了列表间的语义关系加工，降低了虚假记忆，该结果与实验 1 一致。但与实验 1 不同，实验 3 发现整体 JOL 对项目自身记忆（已学词语的再认记忆）的促进作用几乎不存在。我们认为造成这种现象的一种可能性解释是项目数量的差异。相比于逐项 JOL（实验 1），个体在做整体 JOL（实验 3）涉及多个无关的学习词语，JOL 对项目自身特征的加工优势将被分散到多个学习词上，因此对于单个学习词而言，整体 JOL 对项目自身记忆的促进作用被大大削弱。Namias 等人(2021)同样发现相似的研究结果，即单个绘画组的真实再认记忆成绩高于整合绘画组，该结果说明当独特性编码方式指向多个子项目时，其编码策略表现出的记忆优势将减小。

此外，另一种可能性解释是双任务损耗(dual-task costs; Mitchum et al., 2016)。与实验 2 的纯列表形式不同，在实验 3 中每列词表内部的各个词语之间并不存在语义关联，且每列词表的学习时间较短。因此，在要求被试学习每列词表的同时做整体 JOL，整体 JOL 可能作

为次级任务占用编码主任务的加工资源，而这种双任务可能会抵消做 JOL 对项目自身加工的促进作用，进而导致 JOL 对项目自身记忆的积极反应性效应渐小或消失(Zhao et al., 2022)。

5.2 项目自身与关系理论可用于有效解释反应性效应的内在产生机制

尽管先前研究部分验证了项目自身与关系理论，但其忽视了理论关于项目内语义关系记忆反应性效应的假设(Zhao, Li, et al., 2023; Zhao, Yin, et al., 2023)。本研究基于 DRM 范式，进一步揭示出 JOL 对项目自身记忆和项目内语义关系记忆均具有促进作用，但对项目间语义关系记忆具有破坏作用。研究结果支持了项目自身与关系理论，表明该理论能够用于有效解释反应性效应的内在产生机制。

项目自身与关系理论和其他反应性效应的理论解释并不相互排斥（例如，线索强化理论、目标改变理论和学习投入增强理论等），该理论能够有效弥补现有理论的不足之处。例如，先前反应性效应的理论均聚焦于项目自身记忆（即单个词语或词对的记忆），这些理论均难以解释 JOL 对项目间关系记忆的影响(Myers et al., 2020)。但需要说明的是，项目自身与关系理论也存在一些局限性，其难以解释当学习材料存在难度差异时反应性效应产生的原因。例如，Mitchum 等人(2016)发现在相关和无关词对组成的混合列表中，与 no-JOL 相比，做 JOL 显著提高了相关词对的线索回忆成绩，但降低了无关词对的线索回忆成绩。Mitchum 等人(2016)提出目标改变理论(changed-goal theory)对上述发现进行解释，该理论认为做 JOL 能够提高个体对所学项目难度的元意识，即个体意识到自己能够记住一些简单项目（如相关词对），而无法记住一些困难项目（如无关词对）。为了防止出现“无用功”现象(i.e., labor in vain; Nelson & Leonesio, 1988)，个体主动放弃学习困难项目，转而将更多的学习资源用于识记简单项目。因此，与 no-JOL 相比，JOL 条件下相关和无关词对之间的记忆成绩差值更大。需要指出的是，目标改变理论难以解释当学习材料不存在难度差异时，反应性效应仍然稳定存在的原因。

对于不同类型的学习材料表现出不同模式的反应性效应，一种潜在解释是反应性效应是一种复杂的记忆效应，由多种不同模式组成，且不同模式的反应性效应其内在机制也不尽相同(Li et al., 2022)。未来研究需要进一步考察不同材料类型的反应性效应认知或脑机制是否存在差异。此外，项目自身与关系理论和线索强化理论关于 JOL 对项目自身记忆和项目内语义关系记忆具有积极反应性效应的理论预期是一致的(Maxwell & Huff, 2022; Myers et al., 2020; Rivers et al., 2021; Soderstrom et al., 2015)，但线索强化理论无法预测 JOL 是否对项目间关系记忆产生反应性效应，也难以预测该效应的具体模式。

5.3 不足与展望

本研究基于 DRM 范式考察 JOL 对虚假记忆的反应性效应，研究结果进一步为项目自身与关系理论提供了支持证据，为后续制定缓解虚假记忆的干预措施提供了科学启示。但本研究仍存在一些不足之处，未来研究可以从以下几个方面进行深入探讨：

首先，本研究采用的实验材料皆是词语列表，该材料难以代表真实教学中的学习材料，并且本研究中的全部实验均在实验室条件下进行，缺少对真实教学场景的模拟。真实课堂情境下学生学习过程受到多种因素的影响，学习环境激活的元记忆监测线索也更加多样(Ariel et al., 2021)。未来研究可以选取更贴近实际的教学材料（例如，解剖结构或课本章节），进一步考察 JOL 对虚假记忆的反应性效应。

另外，本研究主要采用 JOL 来考察虚假记忆的反应性效应，即被试在学习完每个项目后完成前瞻性的记忆预测。除前瞻性元记忆监测以外，元记忆监测的形式还包括回溯性元记忆监测(Double & Birney, 2018)。与前者不同的是，回溯性元记忆监测在记忆提取之后完成，例如当被试回答某个问题后，对自己作答正确程度进行信心判断。未来研究可以考察不同的元记忆监测形式（例如，信心判断、知晓感判断等）对真实和虚假记忆的影响。

最后，本研究主要通过比较 JOL 和 no-JOL 条件间回忆成绩的差异来测量反应性效应(Soderstrom et al., 2015; Zhao et al., 2022)。虽然本研究将不同学习条件间的学习时间进行匹配，但是与先前众多研究相同，本研究在 no-JOL 条件下并没有要求被试完成任何其他控制任务。未来研究可进一步匹配 JOL 和 no-JOL 条件，进而避免其他无关因素对研究结果产生干扰。例如，在 no-JOL 条件下向被试同样呈现 0 ~ 100 的滑条，要求被试随机选择一个数字，以此提高 JOL 和 no-JOL 条件间的匹配程度(Senkova & Otani, 2021)。

6 结论

逐项 JOL 能够破坏 DRM 词语间的语义关系加工，进而降低虚假记忆；与此同时，逐项 JOL 促进项目自身独特性加工，进而促进真实记忆。此外，整体 JOL 促进项目内（或列表内）语义关系加工，但破坏项目间（或列表间）语义关系加工。项目自身与关系理论能够较为合理地解释反应性效应的内在产生机制。

参 考 文 献

Ariel, R., Karpicke, J. D., Witherby, A. E., & Tauber, S. (2021). Do judgments of learning directly enhance learning of educational materials?. *Educational Psychology Review*, *33*(2), 693–712. https://doi.org/10.1007/s10648-020-09556-8

Ball, B. H., Klein, K. N., & Brewer, G. A. (2014). Processing fluency mediates the influence of perceptual information on monitoring learning of educationally relevant materials. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, *20*(4), 336–348. https://doi.org/10.1037/xap0000023

Bodner, G. E., Jamieson, R. K., Cormack, D. T., McDonald, D.-L., & Bernstein, D. M. (2016). The production effect in recognition memory: Weakening strength can strengthen distinctiveness. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue canadienne de psychologie expérimentale*, *70*(2), 93–98. https://doi.org/10.1037/cep0000082

Brainerd, C. J., & Reyna, V. F. (2002). Fuzzy-trace theory and false memory. *Current Directions in Psychological Science*, *11*(5), 164–169. https://doi.org/10.1111/1467-8721.00192

Cai, Q., & Brysbaert, M. (2010). SUBTLEX-CH: Chinese word and character frequencies based on film subtitles. *Plos One*, *5*(6), e10729. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0010729

Chang, M., & Brainerd, C. J. (2021). Semantic and phonological false memory: A review of theory and data. *Journal of Memory and Language*, *119*, 104210. https://doi.org/10.1016/j.jml.2020.104210

Diamond, N. B., & Levine, B. (2020). Linking detail to temporal structure in naturalistic-event recall. *Psychological Science*, *31*(12), 1557–1572. https://doi.org/10.1177/0956797620958651

Double, K. S., & Birney, D. P. (2018). Reactivity to confidence ratings in older individuals performing the latin square task. *Metacognition and Learning*, *13*(3), 309–326. https://doi.org/10.1007/s11409-018-9186-5

Double, K. S., Birney, D. P., & Walker, S. A. (2018). A meta-analysis and systematic review of reactivity to judgements of learning. *Memory*, *26*(6), 741–750. https://doi.org/10.1080/09658211.2017.1404111

Dunlosky, J., & Tauber, S. K. (2013). *Handbook of Applied Memory. (T. P. S. Lindsay, Ed.)*. Thousand Oaks, CA: Sage.

Einstein, G. O., & Hunt, R. (1980). Levels of processing and organization: Additive effects of individual-item and relational processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, *6*(5), 588–598. https://doi.org/10.1037/0278-7393.6.5.588

Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A. (2007). G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, *39*(2), 175–191. https://doi.org/10.3758/BF03193146

Feng, Z. (2018). *The neural basis of DRM true and false memories in auditory-study and visual-test* [Unpublished master's thesis]. Beijing Normal University, Beijing, China.

[冯子芳. (2018). *DRM 听觉学习-视觉测试条件下真实与错误记忆的神经机制* (硕士学位论文). 北京师范大学, 北京.]

Gallo, D. (2013). Associative illusions of memory: False memory research in DRM and related tasks. *Psychology Press.* https://doi.org/10.4324/9780203782934

Hege, A. C. G., & Dodson, C. S. (2004). Why distinctive information reduces false memories: Evidence for both impoverished relational-encoding and distinctiveness heuristic accounts. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *30*(4), 787–795. https://doi.org/10.1037/0278-7393.30.4.787

Huff, M. J., Bodner, G. E., & Fawcett, J. M. (2015). Effects of distinctive encoding on correct and false memory: A meta-analytic review of costs and benefits and their origins in the DRM paradigm. *Psychonomic Bulletin & Review*, *22*(2), 349–365. https://doi.org/10.3758/s13423-014-0648-8

Hunt, R. R. (2006). The concept of distinctiveness in memory research. In R. R. Hunt & J. B. Worthen (Eds.), *Distinctiveness and memory* (pp. 3–25). NY: Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195169669.003.0001

Hunt, R. R., & McDaniel, M. A. (1993). The enigma of organization and distinctiveness. *Journal of Memory and Language*, *32*(4), 421–445. https://doi.org/10.1006/jmla.1993.1023

Hunt, R. R., Smith, R. E., & Dunlap, K. R. (2011). How does distinctive processing reduce false recall?. *Journal of Memory and Language*, *65*(4), 378–389. https://doi.org/10.1016/j.jml.2011.06.003

Icht, M., Mama, Y., & Algom, D. (2014). The production effect in memory: Multiple species of distinctiveness. *Frontiers in Psychology*, *5*, 886. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00886

Janes, J. L., Rivers, M. L., & Dunlosky, J. (2018). The influence of making judgments of learning on memory performance: Positive, negative, or both?. *Psychonomic Bulletin & Review*, *25*(6), 2356–2364. https://doi.org/10.3758/s13423-018-1463-4

Koriat, A., Bjork, R. A., Sheffer, L., & Bar, S. K. (2004). Predicting one's own forgetting: The role of experience-based and theory-based processes. *Journal of Experimental Psychology: General*, *133*(4), 643–656. https://doi.org/10.1037/0096-3445.133.4.643

Laursen, S. J., & Fiacconi, C. M. (2021). Examining the effect of list composition on monitoring and control processes in metamemory. *Memory & Cognition*, *49*(3), 498–517. https://doi.org/10.3758/s13421-020-01107-4

Li, B., Zhao, W., Zheng, J., Hu, X., Su, N., Fan, T., Yin, Y., Liu, M., Yang, C., & Luo, L. (2022). Soliciting judgments of forgetting reactively enhances memory as well as making judgments of learning: Empirical and meta-analytic tests. *Memory & Cognition*, *50*(5), 1061–1077. https://doi.org/10.3758/s13421-021-01258-y

Macmillan, N. A., & Kaplan, H. L. (1985). Detection theory analysis of group data: Estimating sensitivity from average hit and false-alarm rates. *Psychological Bulletin*, *98*(1), 185–199. https://doi.org/10.1037/0033-2909.98.1.185

Maxwell, N. P., & Huff, M. J. (2022). Reactivity from judgments of learning is not only due to memory forecasting: Evidence from associative memory and frequency judgments. *Metacognition and Learning*, *17*(2), 589–625. https://doi.org/10.1007/s11409-022-09301-2

McCabe, D. P., & Smith, A. D. (2006). The distinctiveness heuristic in false recognition and false recall. *Memory*, *14*(5), 570–583. https://doi.org/10.1080/09658210600624564

McDaniel, M. A., & Bugg, J. M. (2008). Instability in memory phenomena: A common puzzle and a unifying explanation. *Psychonomic Bulletin & Review*, *15*(2), 237–255. https://doi.org/10.3758/PBR.15.2.237

McDaniel, M. A., Cahill, M. J., & Bugg, J. M. (2016). The curious case of orthographic distinctiveness: Disruption of categorical processing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *42*(1), 104–113. https://doi.org/10.1037/xlm0000160

Mitchum, A. L., Kelley, C. M., & Fox, M. C. (2016). When asking the question changes the ultimate answer: Metamemory judgments change memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, *145*(2), 200–219. https://doi.org/10.1037/a0039923

Mulligan, N. W., & Peterson, D. J. (2015). Negative and positive testing effects in terms of item-specific and relational information. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *41*(3), 859–871. https://doi.org/10.1037/xlm0000056

Myers, S. J., Rhodes, M. G., & Hausman, H. E. (2020). Judgments of learning (JOLs) selectively improve memory depending on the type of test. *Memory & Cognition*, *48*(5), 745–758. https://doi.org/10.3758/s13421-020-01025-5

Namias, J. M., Huff, M. J., Smith, A., & Maxwell, N. P. (2021). Drawing individual images benefits recognition accuracy in the Deese-Roediger-McDermott paradigm. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *75*(8), 1571–1582. https://doi.org/10.1177/17470218211056498

Nelson, T. O., & Leonesio, R. J. (1988). Allocation of self-paced study time and the "labor-in-vain effect". *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *14*(4), 676–686. https://doi.org/10.1037//0278-7393.14.4.676

Peterson, D. J., & Mulligan, N. W. (2013). The negative testing effect and multifactor account. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *39*(4), 1287–1293. https://doi.org/10.1037/a0031337

Reyna, V. F. a., & Lloyd, F. (1997). Theories of false memory in children and adults. *Learning and Individual Differences*, *9*(2), 95–123. https://doi.org/10.1016/S1041-6080(97)90002-9

Rhodes, M. G., & Tauber, S. K. (2011). The influence of delaying judgments of learning on metacognitive accuracy: A meta-analytic review. *Psychological Bulletin*, *137*(1), 131–148. https://doi.org/10.1037/a0021705

Rivers, M. L., Janes, J. L., & Dunlosky, J. (2021). Investigating memory reactivity with a within-participant manipulation of judgments of learning: Support for the cue-strengthening hypothesis. *Memory*, *29*(10), 1342–1353. https://doi.org/10.1080/09658211.2021.1985143

Roediger, H. L., & McDermott, K. B. (1995). Creating false memories: Remembering words not presented in lists. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *21*(4), 803–814. https://doi.org/10.1037/0278-7393.21.4.803

Roediger, H. L., Watson, J. M., McDermott, K. B., & Gallo, D. A. (2001). Factors that determine false recall: A multiple regression analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, *8*(3), 385–407. https://doi.org/10.3758/BF03196177

Senkova, O., & Otani, H. (2021). Making judgments of learning enhances memory by inducing item-specific processing. *Memory & Cognition*, *49*(5), 955–967. https://doi.org/10.3758/s13421-020-01133-2

Soderstrom, N. C., Clark, C. T., Halamish, V., & Bjork, E. L. (2015). Judgments of learning as memory modifiers. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *41*(2), 553–558. https://doi.org/10.1037/a0038388

Stadler, M. A., Roediger, H. L., III, & McDermott, K. B. (1999). Norms for word lists that create false memories. *Memory & Cognition*, *27*(3), 494–500. https://doi.org/10.3758/BF03211543

Starns, J. J., Hicks, J. L., & Marsh, R. L. (2006). Repetition effects in associative false recognition: Theme-based criterion shifts are the exception, not the rule. *Memory*, *14*(6), 742–761. https://doi.org/10.1080/09658210600648514

Yang, C., Huang, S. T., & Shanks, D. R. (2018). Perceptual fluency affects judgments of learning: The font size effect. *Journal of Memory and Language*, *99*, 99–110. https://doi.org/10.1016/j.jml.2017.11.005

Yang, C., Yu, R., Hu, X., Luo, L., Huang, T. S. T., & Shanks, D. R. (2021). How to assess the contributions of processing fluency and beliefs to the formation of judgments of learning: Methods and pitfalls. *Metacognition and Learning*, *16*(2), 319–343. https://doi.org/10.1007/s11409-020-09254-4

Zhao, W., Li, B., Shanks, D. R., Zhao, W., Zheng, J., Hu, X., Su, N., Fan, T., Yin, Y., Luo, L., & Yang, C. (2022). When judging what you know changes what you really know: Soliciting metamemory judgments reactively enhances children's learning. *Child Development*, *93*(2), 405–417. https://doi.org/10.1111/cdev.13689

Zhao, W., Li, J., Shanks, D. R., Li, B., Hu, X., Yang, C., & Luo, L. (2023). Metamemory judgments have dissociable reactivity effects on item and interitem relational memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *49*(4), 557–574. https://doi.org/10.1037/xlm0001160

Zhao, W., Yin, Y., Hu, X., Shanks, D. R., Yang, C., & Luo, L. (2023). Memory for inter-item relations is reactively disrupted by metamemory judgments. *Metacognition and Learning*, *18*(2), 549–566. https://doi.org/10.1007/s11409-023-09340-3

Zhou, C. (2005). *False memory: Theories and experiments* [Unpublished doctoral dissertation]. East China Normal University, Shanghai, China.

[周楚. (2005). *错误记忆的理论和实验* (博士学位论文). 华东师范大学, 上海.]

Reactivity effect of judgments of learning on false memory

ZHAO Wenbo[1,2], CAO Yuqi[1], XU Muzi[1], YANG Chunliang[1], LUO Liang[1,3]

([1] *Beijing Key Laboratory of Applied Experimental Psychology, National Demonstration Center for Experimental Psychology Education (Beijing Normal University), Institute of Developmental Psychology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China*)

([2] *School of Sociology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China*)

([3] *State Key Lab of Cognitive and Learning, Faculty of Psychology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China*)

Abstract

Judgments of learning (JOLs) refer to learners' predictive evaluations of the likelihood that they will successfully remember a given item in a future test. Previous studies have primarily focused on examining the accuracy of JOLs and elucidating the mechanisms underlying JOL formation. However, recent studies suggest that the act of making JOLs can alter memory itself, a phenomenon known as *the reactivity effect*. Typically, participants made a JOL after learning each item. This metamemory monitoring process may heighten individuals' metacognitive awareness of their memory compared to conditions without JOLs, thereby triggering the reactivity effect. Zhao et al. (2023) further differentiated the reactivity effects of JOLs on item-specific memory and inter-item relational memory. They found that making JOLs can enhance item-specific memory but concurrently weaken inter-item relational memory (e.g., memory for serial order or semantic relational information). A potential explanation for this is the *item-specific and relational account*, which posits that making JOLs enhances encoding of item-specific details, resulting in a positive reactivity effect. However, because cognitive resources are limited, allocating more cognitive resources to processing item-specific details reduces resources available for processing inter-item relations, leading to a negative reactivity effect on inter-item relational memory. The current study employed on the DRM paradigm to investigate the reactivity effect on false memory and to test the item-specific and relational account.

Experiment 1 explored the reactivity effects of JOLs on false and veridical memory. Sixty-four participants learned DRM word lists, each containing 11 DRM study words and 1 critical lure. Critical lures were withheld during the learning phase and presented only during the recognition test. Half of the DRM word lists were studied under the JOL condition, and the

remaining half were learned under the no-JOL condition. Participants were instructed to learn each DRM word individually. The key distinction between the JOL and no-JOL conditions was that, in the former, participants completed item-by-item JOLs while learning each word. After the learning task, participants completed a distractor task, followed by a recognition test. The results showed that item-by-item JOLs disrupted semantic processing among DRM words and decreased false memory (i.e., false alarm rates for critical lures). Concurrently, item-by-item JOLs facilitated item-specific processing, yielding a positive reactivity effect on memory for studied words.

Experiments 2 and 3 changed presentation format of DRM lists and asked participants to make global JOLs for a whole word list, rather than for each word, to examine the reactivity effect on both intra- and inter-item relational memory. Experiment 2 used pure DRM lists, with six words from the same thematic word lists presented together. Experiment 3 employed mixed DRM lists, with each list containing six study words from different thematic word lists but with shared thematic relationships across lists. In the no-JOL condition, DRM words were not presented individually. Instead, pure (Experiment 2) or mixed word lists (Experiment 3) were simultaneously displayed on screen for a 12 s study duration per list. Participants in both experiments provided global JOLs for each list, predicting the number of words they would remember in the subsequent test. The results showed that making global JOLs facilitated processing of intra-item semantic relations but disrupted processing of inter-item semantic relations.

In summary, the current study revealed that item-by-item JOLs disrupt semantic relational processing among individual DRM words, reducing false memory but promoting processing of item-specific information, thereby facilitating recognition of studied words. Additionally, global JOLs enhance intra-item semantic relational processing but impair inter-item semantic relational processing. The results support the item-specific and relational account and elucidate the cognitive mechanisms underlying the reactivity effect. Moreover, these findings offer valuable insights into the development of effective interventions for mitigating false memory.

Keywords: judgments of learning, reactivity effect, DRM paradigm, item-specific and relational account